بررسی پاسخ برنج به کود پتاسیم در خاکهای شالیزاری شمال ایران

حسن توفیقی

استادیار گروه خاکشناسی دانشکده کشاورزی دانشگاه تهران - کرج

تاریخ پذیرش مقاله ۷۷/۱۰/۱۶

خلاصه

در یک بررسی دو ساله در شرایط گلخانه پاسخ ارقام پر محصول آمل ۳ و خزر به کود پتاسیم در خاکهای شالیزاری شمال ایران در شرایط متفاوت مورد مطالعه قرارگرفت. به این منظور ۵۱ نمونه مرکب خاک (سال اول ۲۵ نمونه، سال دوم ۲۶ نمونه) از عمق ۲۵ - ۰ سانتی‌متری مزارعی که بطور تصادفی در سراسر منطقه انتخاب گردیدند، برداشت شد. بعضی از خصوصیات خاکها از قبیل pH, EC, SP, CEC و مجموع پتاسیم تبادلی و محلول اندازه‌گیری شد. مقدار پتاسیم قابل تبادل با استات آمونیوم خاکها با میانگین برابر ۱۳۳/۴ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک در دامنه ۴۱ تا ۲۸۰ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک قرار داشت. بعلاوه مقدار این شکل از پتاسیم در ۹۴ درصد خاکها زیر ۲۰۰، در ۴۱ درصد زیر ۱۲۰ و در ۲۹ درصد آنها زیر ۱۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک بود، که مبین سطح نسبتا" پایین پتاسیم بسهولت قابل استفاده در این خاکهاست. در این بررسی سطح بحرانی پتاسیم برای عصاره‌گیر استات آمونیوم یک نرمال به روش ترسیمی کیت - نلسون برابر با ۱۳۵ میلی گرم در کیلوگرم خاک بدست آمد. بعلاوه، برآورد گردید که سطح پتاسیم قابل استخراج با استات آمونیوم در قریب به یکصدهزار هکتار (۵۵٪) از اراضی شالیزاری زیر کشت ارقام پر محصول در شمال زیر این سطح بحرانی قرار دارد. این بررسی نشان داد که پاسخ هر دو رقم برنج به کود پتاسیم بسیار معنی دار (در سطح ۰/۱ درصد) می‌باشد. در رقم آمل ۳، مصرف معادل ۱۱۲/۵ کیلوگرم در هکتار کلرور پتاسیم، میانگین عملکرد ماده خشک اندام هوایی را ۲۲ درصد و میانگین عملکرد شلتوک را ۲۲/۷ درصد افزایش داد. در رقم خزر، تیمار کودی معادل ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار سولفات پتاسیم، میانگین عملکرد ماده خشک اندام هوایی و شلتوک را به ترتیب ۱۶/۲ و ۱۷/۷ درصد افزایش و تیمار کودی معادل ۳۵۰ کیلوگرم در هکتار از این کود، عملکرد همین اجزاء را به ترتیب ۲۲/۶ و ۲۰/۱۲ درصد افزایش داد. ولی عملکرد شلتوک در اثر تیمار کودی زیادتر تفاوت معنی‌داری (در سطح ۵ درصد) با عملکرد شلتوک در اثر تیمار کودی کمتر نداشت. در این بررسی مشخص گردید که در تیمار شاهد، سهم پتاسیم غیر تبادلی در کل پتاسیم جذب شده در اغلب خاکها زیاد می‌باشد، که گویای وابستگی گیاه به پتاسیم غیر تبادلی در این خاکها می‌باشد. بعلاوه، نتایج نشان داد که در قریب به ۷۰ درصدخاکها، درصدپتاسیم درکاه تیمار شاهد هر دو رقم کمتر از حد بحرانی ۱ درصدگزارش شده برای برنج می باشد.

واژه‌های کلیدی: پتاسیم در خاکهای شالیزاری، پاسخ برنج به پتاسیم، سطح بحرانی پتاسیم، پتاسیم غیر تبادلی

مقدمه

بخش عمده پتاسیم در خاک به شکلهای مینرالی و تثبیت شده و جزء اندکی از آن به شکلهای تبادلی و محلول وجود دارد. جزء کمی از پتاسیم کل نیز در بقایای گیاهی (و جانوری) خاک وجود دارد که با تجزیه این مواد تدریجا" آزاد می‌گردد. شکلهای مینرالی، تثبیت شده، تبادلی و محلول پتاسیم در خاک بهم مرتبط بوده و نوعی رابطه

تعادلی بین آنها برقرار است، ولی در خاکهای کشاورزی تقریبا" هیچگاه تعادل واقعی یا ترمودینامیکی بین آنها ایجاد نمی‌گردد (۲۴). رابطه تعادلی میان شکلهای تثبیت شده، تبادلی و محلول پتاسیم خصوصا" از لحاظ تغذیه گیاهی واجد اهمیت زیادی است. در حقیقت توانایی عرضه پتاسیم خاک برای تامین نیاز گیاه در طول فصل رشد از یک طرف به عوامل کمیت[1] و شدت[2] پتاسیم و از طرف دیگر به سرعت متوسط آزاد شدن پتاسیم از شکلهای غیر تبادلی به تبادلی و محلول مربوط می‌باشد.

مجموع پتاسیم تبادلی و محلول خاک معمولا" بخش مهمی از پتاسیم قابل استفاده را تشکیل می دهند. ولی در خاکهای زیادی نیز ممکن است سهم پتاسیم غیر تبادلی در تأمین نیاز گیاه قابل ملاحظه باشد. هنگامیکه سطح پتاسیم تبادلی خاک بالاست عمده پتاسیم مورد نیاز گیاه از منبع تبادلی تأمین می‌گردد. اما معمولا" در طول فصل رشد مقدار پتاسیم تبادلی خاک کاهش می یابد (۲۲). بررسی نشان داده است که این کاهش از یک "سطح حداقل "که از خصوصیات هر خاک است کمتر نمی گردد. قبل از کاهش پتاسیم تبادلی به این سطح حداقل، مقدار پتاسیم غیر تبادلی آزاد شده بسیار کم یا صفر می باشد، اما پس از رسیدن به این سطح، آزاد شدن پتاسیم از شکل غیر تبادلی باعث می‌گردد این سطح حداقل پتاسیم تبادلی ثابت بماند (۲۶). سهم پتاسیم غیر تبادلی خاک در تأمین پتاسیم مورد نیاز گیاه به عوامل متعددی از قبیل نوع و مقدار کانی‌های پتاسیم‌دار و اندازهٔ ذرات آنها، مقدار یا درصد اولیه پتاسیم تبادلی خاک، غلظت پتاسیم در آب آبیاری، میزان پتاسیم آزاد شده از بقایای گیاهی و کاه و کلش برگشت داده شده به خاک، سرعت و مقدار جذب پتاسیم توسط گیاه و میزان آبشوئی بستگی دارد. در شرایطی که عمده نیاز گیاه به پتاسیم از منابع غیر تبادلی تامین می گردد، سرعت آزاد شدن پتاسیم غیر تبادلی از کانیهای خاک در تعیین عملکرد گیاه نقش مؤثری دارد (۱۲). این سرعت به عوامل چندی از جمله نوع و درصد و اندازهٔ ذرات کانیهای پتاسیم‌دار خاک شامل میکاها و ایلایت و فلدسپارهای پتاسیم‌دار و میزان هوادیدگی آنها دارد. بررسیها نشان داده است که این سرعت آزاد شدن در شرایط غرقابی بیشتر از شرایط غیر غرقابی می باشد (۹ و ۲۲).

پتاسیم از عناصر ضروری برای گیاه و در برنج باعث افزایش اندازه و وزن دانه، بهبود پنجه زنی، افزایش پاسخ به سایر مواد غذایی مخصوصا" ازت و فسفر، قوی شدن ساقه‌ها و کاهش تمایل به خوابیدگی و افزایش مقاومت به امراضی از قبیل بلاست، بیماری لکه برگی و بیماری پوسیدگی ساقه می گردد (۹). برنج مقدار قابل ملاحظه‌ای پتاسیم جذب می‌کند خصوصا" ارقام پرمحصول که حتی تا ۴ برابر ارقام بومی پتاسیم جذب می‌نمایند (۲۸). به گزارش کملر (۱۳) برنج با عملکردی برابر ۵/۶ تن در هکتار، مقدار ۱۱۲ کیلوگرم در هکتار پتاسیم جذب می‌نماید.

در گذشته هنگامیکه محصول برنج پایین بود، بیشتر خاکها توانایی تأمین پتاسیم لازم برای سطوح پایین تولید را دارا بودند. لذا در بیشتر آزمایشات کودی پاسخ به کود پتاسیم منفی یا اندک بود (۱۱ و ۲۱). در ایران نیز آزمایشات کودی پتاسیم در شالیزارها نتایج مشابهی داشت. در اثر رواج ارقام پرمحصول و استفاده غیر متعادل از کود شیمیایی (عمدتا" کود ازت) و عوامل دیگر کمبود پتاسیم تدریجا" بعنوان عامل محدود کننده تولید در خاکهایی که قبلا" کمبودی نداشتند آشکار گردید (۴ و ۷).افزایش عملکرد ماده خشک حاصل از شیوه جدید تولید در شالیزارها، غالبا" باعث تشدید خروج پتاسیم از شالیزارها و منفی شدن موازنه ورود و خروج پتاسیم گردید. این روند تدریجا" توانایی عرضه پتاسیم خاکها را کاهش داده و زمینه ساز بروز کمبود پتاسیم شد. با وقوع این تحولات در شالیزارها، گزارشات مربوط به پاسخ مثبت برنج به کود پتاسیم نیز بتدریج افزایش یافت. در هند نتایج ۶۶۵ آزمایش کودی در مزارع زارعین نشان داد که ۵۰ کیلوگرم در هکتار پتاسیم، میانگین عملکرد را ۵۰۰ کیلوگرم در هکتار افزایش می‌دهد (۱۷). در چین استفاده از کود پتاسیم افزایش عملکردی بین ۴۰۰ تا ۷۰۰ کیلوگرم در هکتار را در بعضی از مناطق موجب گردیده است (۵، ۱۶ و ۳۰). از سایر کشورهای آسیایی نیز نتایج مشابهی گزارش شده است (۴، ۷، ۱۰، ۱۱، ۱۴ و ۲۷). آزمایشات محدود انجام یافته در دهه گذشته در شالیزارهای شمال ایران گرچه پاسخ به کود پتاسیم را در بعضی از نقاط نشان داده است (۲)، ولی به نتایج قاطعی منجر نگردیده است. لذا پاسخ به سئوال مهم ضرورت یا عدم ضرورت مصرف کود پتاسیم در شالیزارهای شمال ایران تا کنون بدون جواب مانده است، هرچند در سالهای اخیر موسسه تحقیقات خاک و آب براساس شواهد غیر

1-Quantity

2 - Intensity

مستقیم ضرورت مصرف کود پتاسیم را در سطوح محدودی از شالیزارهای گیلان مورد تائید قرار داده است (۲۳). هدف از این تحقیق، بررسی پاسخ برنج به کود پتاسیم در خاکهای شالیزاری شمال ایران در شرایط گلخانه ای و ارزیابی احتمال پاسخ برنج به کود پتاسیم در این شالیزارها براساس داده‌ها و شواهد حاصل از این بررسی می‌باشد.

مواد و روشها

۵۱ نمونه خاک در دو سال متوالی (سال اول ۲۵ نمونه، سال دوم ۲۶ نمونه) از شالیزارهای شمال ایران (۲۷ نمونه از شالیزارهای مازندران و ۲۴ نمونه از شالیزارهای گیلان) بصورت نمونه مرکب از عمق ۲۵ - ۰ سانتی‌متری مزارعی که بطور تصادفی انتخاب شدند، برداشت گردید. براساس بررسیهای اولیه مزارع انتخاب شده هیچگاه کود پتاسیم دریافت نداشته بودند. نمونه‌های تر هر یک به وزن تقریبی یکصد کیلوگرم را پس از هوا خشک نمودن از الک دومیلی‌متری عبور داده و برای آزمایشات بعدی نگهداری شدند. EC, pH عصاره اشباع، درصد رطوبت اشباع، درصد کربنات کلسیم معادل (۲۰) و پتاسیم تبادلی و محلول (۱۵) کلیه نمونه‌ها و نیز CEC نمونه‌های برداشت شده در سال اول بروش باور (۲۵) اندازه‌گیری شد. مقدار پتاسیم موجود در نمونه‌های گیاهی به روش استات آمونیم یک نرمال (۸) تعیین گردید. یک گرم از نمونه گیاهی پودر شده را وارد فلاسک ارلن مایر نموده و به آن ۴۰cc استات آمونیم یک نرمال اضافه و محتویات را به مدت ۳۰ دقیقه تکان داده و سپس به درون فلاسک حجم سنجی ۱۰۰ میلی‌لیتری فیلتر و ظرف را با استات آمونیم به داخل فیلتر شسته تا به حجم برسد. نتایج این روش با دو روش خاکستر سازی خشک[1] (۸) و خاکسترسازی تر[2] (۸) ازلحاظ آماری تفاوت معنی داری نداشت.

کشت گلخانه‌ای برنج در دوسال متوالی و به دو صورت متفاوت بشرح زیر انجام گردید.

۱ - کشت در سال اول: نمونه‌های برداشت شده در سال اول در این آزمایش مورد استفاده قرار گرفت. آزمایش بصورت طرح بلوکهای کامل تصادفی با دو تیمار کودی صفر و ۶۷/۳ میلی‌گرم پتاسیم در کیلوگرم بصورت کلرید پتاسیم در سه تکرار و در ۲۵ خاک (بلوک) اجراگردید. در گلدانهای پلاستیکی ته بسته ۳/۵ کیلوگرم خاک (بر اساس وزن آون خشک) ریخته شد و از هر نمونه خاک ۶ گلدان تهیه گردید. به گلدانها مقدار کافی آب مقطر اضافه و ساختمان خاک تا حد ممکن از بین برده شد. پس از گذاشتن ۵ سانتیمتر آب روی گلدانها اجازه داده شد مدتی بصورت غرقاب باقی بمانند. برای نشاء کاری از رقم آمل ۳ دریافتی از ایستگاه تحقیقاتی برنج آمل استفاده شد. در هر گلدان سه نشاء کشت گردید. آبیاری گلدانها با آب مقطر و روزانه بنحوی انجام گرفت که در تمامی فصل کشت حدودا" ۵ سانتیمتر آب روی سطح خاک باشد. به همه گلدانها ۱۱۳ میلی‌گرم ازت در کیلوگرم خاک بصورت اوره و ۶۲ میلی گرم فسفر در کیلوگرم خاک بصورت فسفات آمونیوم داده شد. بر اساس طرح به گلدانهایی که لازم بود کود پتاسیم داده شود در دو نوبت یکبار در آغاز کشت به مقدار ۷۸/۵ میلی گرم پتاسیم بصورت کلرید پتاسیم و بار دیگر بعد از یک ماه مقدار ۱۵۷ میلی‌گرم پتاسیم بصورت کلرید پتاسیم به هر گلدان داده شد. در اواسط فصل رشد به همه گلدانها ۲۰ میلی‌گرم سولفات روی داده شد. دمای گلخانه بنحوی تنظیم گردید که تا زمان گلدهی در روز حداکثر ۳۲ - ۳۰ درجه و در شب حدود ۲۰ - ۱۸ درجه سانتیگراد باشد. بعد از گلدهی وانجام تلقیح اجازه داده شد درجه حرارت در شب‌ها کاهش بیشتری یابد. پس از رسیدن برنج، ابتدا آب پای بوته‌ها قطع و سپس خوشه‌ها را از گیاه جدا نموده و پس از هواخشک کردن وزن و در پاکت کاغذی نگهداری شدند. پس از ناپدید شدن آب پای بوته‌ها، بوته‌ها را بدقت از فاصله ۲ - ۱ سانتی‌متری سطح خاک بریده و پس از شستشو با آب معمولی و سپس آب مقطر و اطمینان از عاری بودن از ذرات خاک، در پاکت کاغذی قرار داده و در خشک کن به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۷۰ درجه خشک نموده و سپس سریعا" توزین گردیدند. این نمونه‌ها توسط آسیاب خرد و در قوطی‌های در بسته نگهداری شدند. پتاسیم قابل استخراج با استات آمونیم خاکهای گلدانها بلافاصله بعد از برداشت برنج اندازه گیری گردید.

۲ - کشت گلخانه‌ای در سال دوم: نمونه‌های برداشت شده در سال دوم در این آزمایش مورد استفاده قرار گرفت. آزمایش بصورت طرح بلوکهای کامل تصادفی با سه تیمار کودی صفر، ۵۳/۸ و ۱۲۵/۵ میلی‌گرم پتاسیم در کیلوگرم خاک بصورت سولفات پتاسیم

1 - Dry-ashing

2 - Wet-ashing

در سه تکرار و در ۲۶ خاک (بلوک) اجرا گردید. در هر گلدان ۵ کیلوگرم خاک هوا خشک ریخته شد و به همه گلدانها کود اوره و فسفات آمونیم به اندازه سال اول داده شد. از رقم خزر که از ایستگاه تحقیقات برنج آمل تهیه گردیده بود استفاده شد. کود پتاسیم بصورت محلول قبل از کشت با خاک غرقاب از طریق بهم زدن مخلوط خاک و آب مخلوط گردید. آبیاری گلدانها با آب مقطر حاوی ۳ میلی‌گرم در لیتر پتاسیم (از منبع سولفات پتاسیم) صورت گرفت. در اواسط فصل رشد به همه گلدانها ۲۰ میلی‌گرم روی از منبع سولفات روی داده شد. بلافاصله بعد از برداشت اندام هوایی برنج، از خاک گلدانها نمونه‌برداری و پتاسیم قابل استخراج با استات آمونیم خاکها سریعا" اندازه‌گیری شد. سایر موارد همانند سال اول انجام گردید.

نتایج و بحث

۱ – خصوصیات کلی خاکها: برخی از خصوصیات خاکهای مورد استفاده در این بررسی در جدول ۱ ارائه گردیده است. داده‌های این جدول نشان می‌دهد که خاکها از تنوع وسیعی در خصوصیات فیزیکی و شیمیایی برخوردارند. دامنه وسیع و انحراف معیار زیاد CEC و SP خاکها منعکس کننده تنوع قابل ملاحظه در بافت و درصد مواد آلی خاکهاست.

۲ – پتاسیم قابل استخراج با استات آمونیوم در خاکها: میانگین پتاسیم قابل استخراج با استات آمونیوم در این خاکها ۱۳۳/۴ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک می‌باشد که در مقایسه با خاکهای غیر شالیزاری پایین ولی نزدیک به نتایج دیگر درباره این خاکها می‌باشد. در بررسی بر روی ۶۷ نمونه از خاکهای شالیزاری شمال (۳۴ نمونه از مازندارن و ۳۳ نمونه از گیلان) میانگین پتاسیم قابل استخراج با استات آمونیوم پس از ۳۰ روز غرقاب برابر ۱۲۶/۷ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک گزارش شده است (۳). در بررسی دیگری بر روی ۵۲ نمونه از خاکهای شالیزاری شمال، میانگین ۱۴۶ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک بدست آمده است (۱). البته این میانگین در نمونه‌های مازندران بیشتر از نمونه‌های گیلان بوده است که با نتایج بررسی حاضر مطابقت دارد ولی از آنجائیکه درصد بیشتری از نمونه‌ها متعلق به مازندارن بوده است، میانگین کل آن نیز بیشتر از بررسی حاضر می‌باشد.

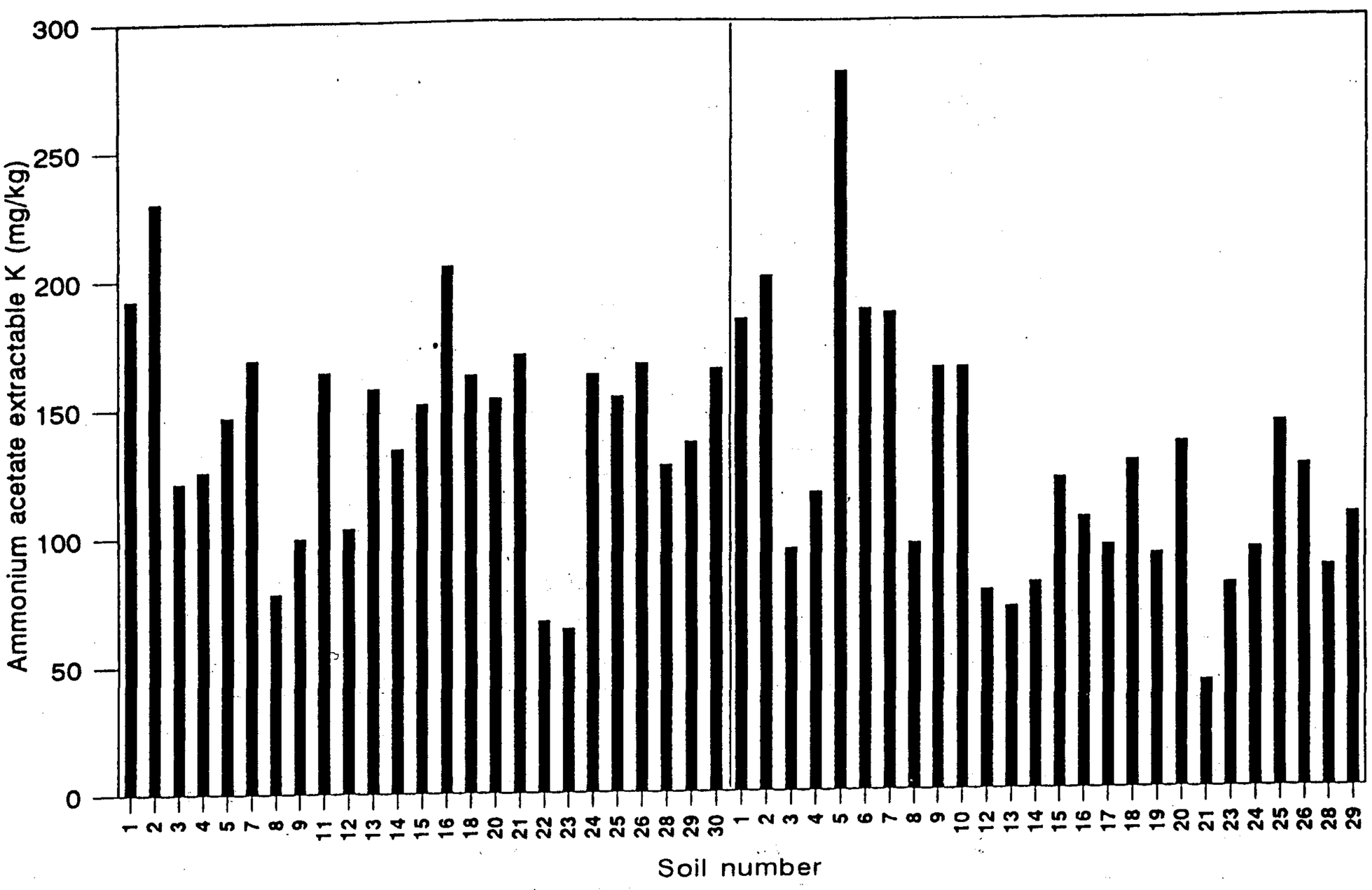
در شکل ۱ مقادیر پتاسیم قابل استخراج با استات آمونیوم خاکها قبل از کشت نشان داده شده است که حاکی از تنوع قابل ملاحظه در این شکل از پتاسیم در این خاکها می‌باشد. این شکل نشان می‌دهد که ۹۴ درصد خاکها زیر ۲۰۰، ۵۵ درصد زیر ۱۳۵ و ۲۹ درصد خاکها زیر ۱۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک پتاسیم قابل استخراج با استات آمونیوم دارند. بررسی انجام یافته در سطح ۱۰۰۰۰ هکتار از شالیزارهای گیلان نیز نشان داده است که پتاسیم قابل استخراج با استات آمونیوم در ۹۱ درصد خاکها زیر ۲۰۰ و در ۳۵ درصد آنها زیر ۱۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک بوده است (۲۳).

۳ – اثر کود پتاسیم بر عملکرد برنج: در بررسی گلخانه‌ای اثر

جدول ۱ - برخی از خصوصیات خاکهای شالیزاری مورد استفاده در این بررسی

خصوصیت خاک	واحد	دامنه	میانگین	انحراف معیار
SP	%	۳۲/۳-۹۶/۸	۶۸/۵	۱۶/۲۶
EC عصاره اشباع	dS/m	۰/۵۶-۳/۲۵	۱/۵	۰/۵۹
pH عصاره اشباع	-	۵/۲-۸/۰	۶/۹	۰/۵۱
غلظت پتاسیم در عصاره اشباع	mg/l	۱/۵-۱۴/۲	۶/۰	۳/۲۳
پتاسیم قابل استخراج با استات آمونیوم	mg/kg	۴۱-۲۸۰	۱۳۳/۴	۴۹
ظرفیت تبادل کاتیونی[1]	$Cmol_c/kg$	۱۰-۴۵	۲۰۳/۵	۱۰/۲۷

۱ - CEC در ۲۵ نمونه اندازه‌گیری شده است.



شکل ۱- مقادیر پتاسیم قابل استخراج با استات آمونیوم در خاکها، سمت چپ خط عمودی خاکهای سال اول، سمت راست خاکهای سال دوم

کود پتاسیم بر عملکرد برنج در سال اول از ۲۵ خاک شالیزاری و رقم آمل سه استفاده گردید. جدول ۲ نتایج تجزیه واریانس عملکرد ماده خشک اندام هوایی (شامل شلتوک و سایر قسمتهای هوایی گیاه) را نشان می‌دهد. این جدول نشان می‌دهد که تأثیر کود پتاسیم بر عملکرد ماده خشک اندام هوایی برنج در سطح ۰/۱ درصد معنی دار است مقایسه میانگین عملکرد گلدانهای کود داده شده با شاهد نشان دهنده ۲۲ درصد افزایش عملکرد در اثر مصرف ۶۷/۳ میلی‌گرم پتاسیم در کیلوگرم خاک (معادل ۱۱۲/۵ کیلوگرم کلرید پتاسیم در هکتار بر اساس ۲۵۰۰۰۰ بوته یاکپه در هکتار و هرگلدان یک بوته یاکپه) می‌باشد. جدول ۳ نتایج تجزیه واریانس عملکرد شلتوک برای رقم آمل سه در آزمایش فوق را نشان می‌دهد. این جدول گویای آن است که تأثیر کود پتاسیم بر عملکرد شلتوک در سطح ۰/۱ درصد معنی‌دار است. مقایسه میانگین عملکرد گلدانهای کود داده شده با شاهد، ۲۲/۷ درصد افزایش در عملکرد شلتوک را نشان میدهد.

در کشت سال دوم ۲۶ خاک جدید مورد استفاده قرار گرفت، همچنین بجای رقم آمل ۳ از رقم خزر استفاده شد. جدول شماره ۴ نتایج تجزیه واریانس عملکرد ماده خشک اندام هوایی (شامل شلتوک و سایر اندام هوایی) را نشان می‌دهد. متذکر می‌گردد در طول این آزمایش تعداد ۱۴ گلدان دچار اشکال گردیده لذا حذف شدند. همانطوریکه این جدول نشان می‌دهد تأثیر کود پتاسیم بر عملکرد ماده خشک اندام هوایی در سطح ۰/۱ درصد معنی دار است. مقایسه میانگین تیمارهای مختلف کودی بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن (جدول ۵) نشان می‌دهد که تفاوت معنی‌داری در سطح یک درصد بین میانگین‌های شاهد و دو تیمار دیگر کودی و نیز بین تیمار کودی ۵۳/۸ میلی‌گرم پتاسیم بر کیلوگرم (معادل ۱۵۰ کیلوگرم سولفات پتاسیم در هکتار) و ۱۲۵/۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک (معادل ۳۵۰ کیلوگرم سولفات پتاسیم برهکتار) وجود دارد. افزایش عملکرد ماده خشک اندام هوایی در اثر تیمار کودی معادل ۳۵۰ کیلوگرم بر هکتار نسبت به شاهد ۲۲/۶ درصد و در اثر تیمار کودی معادل ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار نسبت به شاهد ۱۶/۲ درصد می‌باشد. جدول ۶ تجزیه واریانس عملکرد شلتوک برای رقم خزر را نشان می‌دهد. بر اساس نتایج این جدول تأثیر کود پتاسیم بر عملکرد

جدول ۲ - تجزیه واریانس عملکرد ماده خشک اندام هوایی در کشت سال اول

منبع تغییرات	درجه آزادی	مجموع مربعات	میانگین مربعات	F محاسبه شده
کود	۱	۷۴۳۶/۹	۷۴۳۶/۹	۱۱۲/۰***
خاک (بلوک)	۲۴	۵۱۳۱۵/۴	۲۱۳۸/۱	۳۲/۲***
خطا	۱۲۴	۸۲۳۱	۶۶/۴	
کل	۱۴۹	۶۶۹۸۳/۹		

***: در سطح ۱/۰ درصد معنی دارند.

جدول ۳ - تجزیه واریانس عملکرد شلتوک در آزمایش سال اول

منبع تغییرات	درجه آزادی	مجموع مربعات	میانگین مربعات	F محاسبه شده
کود	۱	۹۴۱/۰	۹۴۱/۰	۳۱/۸***
خاک (بلوک)	۲۴	۱۵۶۳۷/۸	۶۵۱/۶	۲۲/۰***
خطا	۱۱۷	۳۴۵۳/۰	۲۹/۵	
کل	۱۴۲	۱۹۹۴۶/۲۵		

***: در سطح ۱/۰ درصد معنی دارند.

جدول ۴ - تجزیه واریانس عملکرد ماده خشک اندام هوایی در آزمایش سال دوم

منبع تغییرات	درجه آزادی	مجموع مربعات	میانگین مربعات	F محاسبه شده
کود	۲	۱۰۵۳۹/۴	۵۲۶۹/۷	۵۷/۵***
خاک (بلوک)	۲۵	۸۲۴۴۷/۴	۳۲۹۷/۹	۳۶/۰***
خطا	۱۹۲	۱۷۵۹۴/۹	۹۱/۶	
کل	۲۱۹	۱۱۲۳۹۴/۹۵		

***: در سطح ۱/۰ درصد معنی دارند.

جدول ۵ - مقایسه میانگین عملکرد ماده خشک در تیمارهای مختلف کودی براساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن

تیمارکودی (گرم بر گلدان)	میانگین عملکرد ماده خشک (گرم)	گروه
صفر	۷۳/۴	A
۵۳/۸	۸۵/۳	B
۱۲۵/۵	۹۰/۰۰	C

میانگین ها در سطح ۱ درصد مقایسه شده‌اند.

شلتوک در سطح ۱/۰ درصد معنی‌دار است. مقایسه میانگین تیمارهای مختلف کودی بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن (جدول ۷) نشان می‌دهد که تفاوت معنی‌داری در سطح ۱ درصد بین میانگین‌های شاهد و دو تیمار دیگر کودی وجود دارد ولی بین تیمار ۵۳/۸ میلی‌گرم پتاسیم در کیلوگرم (معادل ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار) و ۱۲۵/۵ میلی‌گرم پتاسیم در کیلوگرم خاک (معادل ۳۵۰ کیلوگرم بر گلدان) تفاوت معنی‌داری وجود ندارد.

افزایش عملکرد شلتوک رقم خزر در اثر تیمار کودی معادل ۱۵۰ کیلوگرم بر هکتار نسبت به شاهد ۱۷/۷ درصد و در اثر تیمار کودی معادل ۳۵۰ کیلوگرم بر هکتار نسبت به شاهد ۲۰/۱ درصد می‌باشد.

باید توجه نمود نتایج سالهای اول و دوم به جهت متفاوت بودن خاکها، ارقام برنج، مقدار خاک در هرگلدان، تیمارکودی و نوع آب آبیاری قابل مقایسه نیستند و لذا باید به نتایج هر سال بطور مستقل نگریست. در سال اول کشت، مقدار ۳/۵ کیلوگرم خاک هوا خشک برای هر گلدان در نظر گرفته شد و برای آبیاری برنج در طول فصل رشد از آب مقطر استفاده گردید. شرایط کشت در سال اول بسیار کم بوده و تراکم بوته در واحد سطح بالنسبه زیاد باشد. در مقابل در سال دوم مقدار ۵ کیلوگرم خاک هوا خشک در هر گلدان ریخته شد و آبیاری برنج با آبی که حاوی ۳ میلی‌گرم در لیتر پتاسیم (میانگین پتاسیم در آبهای روی شالیزارها) بود انجام گرفت. لذا شرایط کشت در این سال نزدیک به وضعیتی در مزرعه می‌باشد که وزن یا حجم خاک در اختیار هر بوته در حد معمول بوده و یا به عبارت دیگر تراکم بوته در واحد سطح بطور نسبی کمتر بوده و آب مورد استفاده در آبیاری نیز حاوی مقدار ۳ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک پتاسیم باشد.

۴ - سطح بحرانی پتاسیم برای خاکها: در این بررسی سطح بحرانی پتاسیم برای عصاره‌گیر استات آمونیوم یک نرمال به روش ترسیمی کیت - نلسون (۶ و ۱۹) برابر با ۱۳۵ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک بدست آمد (شکل ۲). مفهوم سطح بحرانی که اولین بار توسط کیت و نلسون ارائه گردید آن مقدار از آزمون خاک است که به بهترین وجه خاکهایی راکه احتمال پاسخ به کود یا ماده غذایی در آنها زیاد است از خاکهایی که احتمال پاسخ در آنها کم است جدا می‌کند. شکل ۱ نشان می‌دهد که مقدار پتاسیم قابل استخراج با استات آمونیوم در ۵۵ درصد خاکها زیر سطح بحرانی و ۴۵ درصد بقیه نزدیک به شرایطی در مزرعه می‌باشد که میزان پتاسیم آب آبیاری

جدول ۶ - تجزیه واریانس عملکرد شلتوک در کشت سال دوم

منبع تغییرات	درجه آزادی	مجموع مربعات	میانگین مربعات	F محاسبه شده
کود	۲	۱۰۸۷/۹	۵۴۴/۰	۲۸/۳***
خاک (بلوک)	۲۵	۱۰۳۵۷/۵	۴۱۴/۳	۲۱/۵***
خطا	۱۸۹	۳۶۴۳/۷	۱۹/۲	
کل	۲۱۶	۱۴۸۷۲/۹۴		

***: در سطح ۱/۰ درصد معنی‌دار است.

جدول ۷ - مقایسه میانگین عملکرد شلتوک در تیمارهای مختلف کودی بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن.

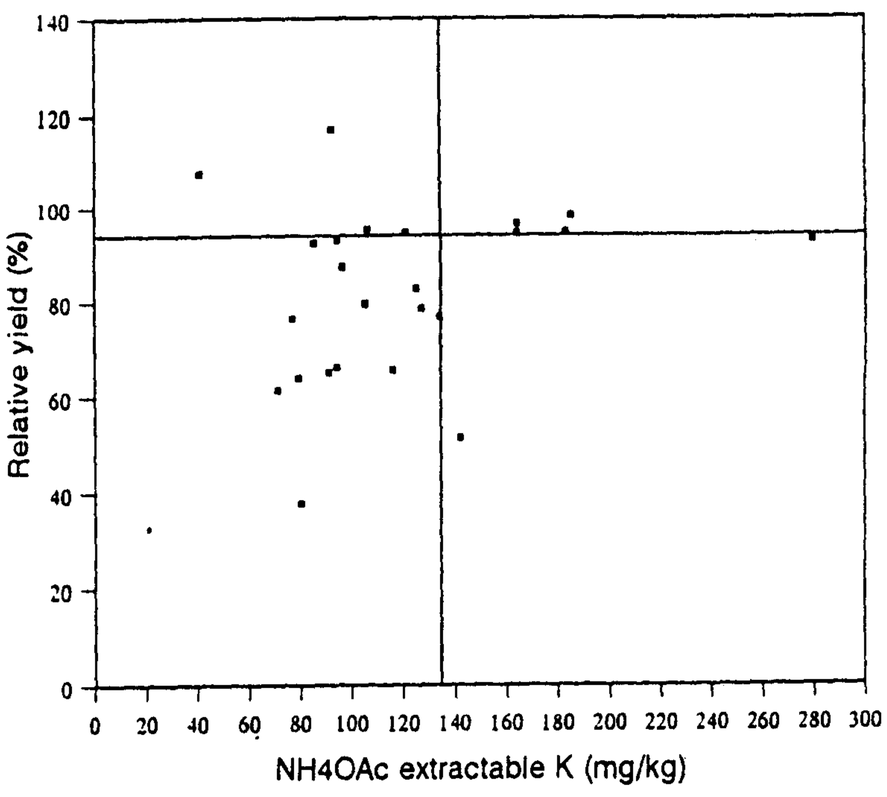
تیمار کودی (میلی‌گرم پتاسیم بر کیلوگرم خاک)	میانگین عملکرد شلتوک (گرم)	گروه (۱)
صفر	۲۵/۱۰	A
۵۳/۸	۲۹/۵۴	B
۱۲۵/۵	۳۰/۱۵	B

(۱): میانگین هایی که در گروه مشابه قراردارند در سطح ۱ درصد تفاوت معنی داری ندارند.

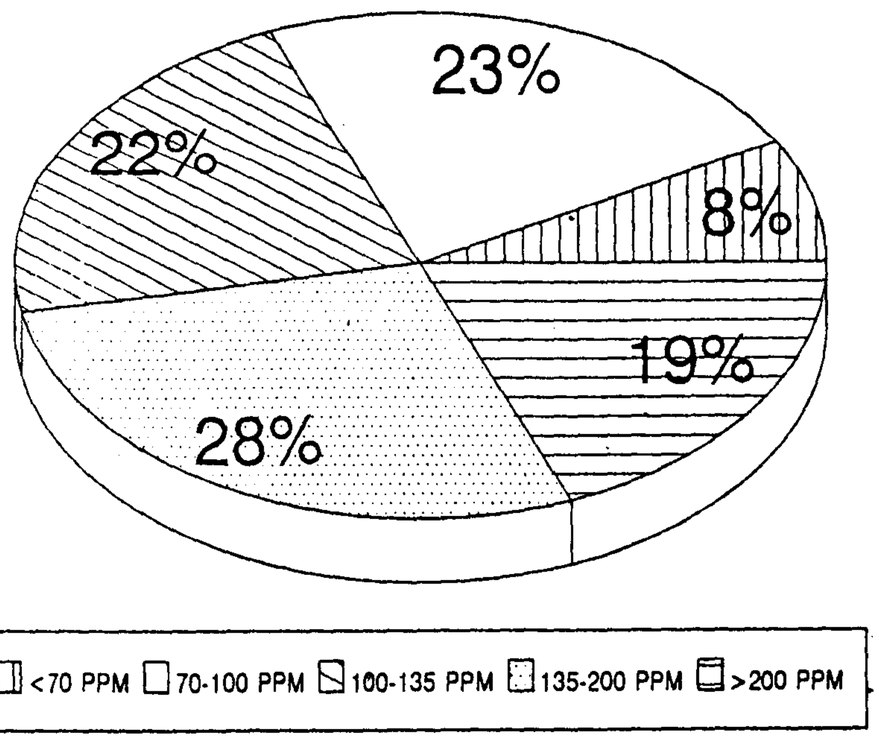
بالای سطح بحرانی قرار دارد. لذا احتمال پاسخ به کود پتاسیم در ۵۵ درصد این خاکها زیاد می‌باشد. البته این جمله بدین معنی نیست که الزاما" در هر یک از خاکهای این گروه پاسخ معنی‌دار به کود مشاهده و یا افزایش عملکرد به حدی خواهد بود که کوددهی اقتصادی باشد، بلکه بدین معنی است که احتمال مشاهده پاسخ معنی‌دار به کود و یا افزایش قابل ملاحظه در عملکرد در خاکهای این گروه بسیار بیشتر از گروهی است که مقدار آزمون خاک در آنها بیشتر از ۱۳۵ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک می‌باشد. در خاکهای مورد مطالعه میانگین افزایش عملکرد شلتوک در خاکهایی که زیر سطح بحرانی قرار دارند برابر با ۷/۴ گرم بر گلدان و در خاکهایی که بالای سطح بحرانی قرار دارند برابر با ۲/۷ گرم بر گلدان می‌باشد. تفاوت قابل توجه این دو میانگین گویای آن است که این سطح بحرانی به خوبی دو گروه خاک را از هم تفکیک نموده است.

قابل ذکر است که سطح بحرانی بدست آمده در این بررسی با استفاده از رقم پرمحصول خزر بدست آمده است و لذا این سطح احتمالا" برای ارقام بومی برنج مناسب نیست و احتمالا" سطح بحرانی این ارقام کمتر است. مضافا" بعلت تفاوت شرایط مزرعه با گلخانه سطح بحرانی تعیین شده ممکن است با سطح بحرانی واقعی در مزرعه کاملا" یکسان نباشد لذا بهتر است به آن بعنوان برآوردی از سطح بحرانی واقعی نگریست. ون یوکسکول (۲۹) سطح بحرانی پتاسیم برای شالیزارهای آسیا را بین ۱۰۰ تا ۱۲۰ میلی‌گرم پتاسیم تبادلی در کیلوگرم خاک پتاسیم تبادلی برآورد نموده است.

در شکل ۳ توزیع درصدی مقدار پتاسیم قابل استخراج با استات آمونیوم در ۱۵۷ نمونه تصادفی از سراسر شالیزارهای شمال ایران از جمله شالیزارهای جوان نشان داده شده است. همانطوریکه این شکل نشان می‌دهد مقدار پتاسیم قابل استخراج با استات آمونیوم در ۵۳ درصد این خاکها زیر سطح بحرانی و در ۴۷ درصد بقیه بالای سطح بحرانی قرار دارد. همین توزیع درصدی احتمالا" در جامعه خاکهای شالیزاری شمال نیز صادق می‌باشد، زیرا اولا" تعداد نمونه‌ها زیاد بوده و ثانیا" از سراسر منطقه شمال بطور تصادفی نمونه‌برداری شده است. بر این اساس با توجه به اینکه سطح زیر کشت ارقام پرمحصول برنج در شالیزارهای شمال در حال حاضر در حدود ۱۸۵۰۰۰ هکتار می‌باشد، می‌توان نتیجه گرفت که در شرایط فعلی در تقریبا" ۱۰۰۰۰۰ هکتار از این اراضی مقدار پتاسیم قابل استخراج با استات آمونیوم زیر سطح بحرانی ۱۳۵ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک قرار دارد. دادن کود پتاسیم به مقدار کافی به این سطح به احتمال زیاد باعث افزایش معنی‌دار در میانگین عملکرد برنج خواهد شد. تذکر این نکته ضروری است که با توجه به اینکه سطح بحرانی تعیین شده برآوردی از سطح بحرانی واقعی است، سطح نیازمند به کود پتاسیم فوق‌الذکر نیز برآوردی از سطح واقعی می‌باشد.



شکل ۲- نمودار پراکندگی درصد محصول برنج نسبت به مقدار پتاسیم قابل استخراج با استات آمونیوم برای رقم خزر و تعیین سطح بحرانی به روش کیت - نلسون



شکل ۳- توزیع درصدی مقدار پتاسیم قابل استخراج با استات آمونیم در ۱۵۷ نمونه خاک شالیزاری

۵ – وابستگی گیاه برنج به اشکال غیر تبادلی پتاسیم در خاکها:

اگر کمیتی بنام ΔK را بصورت زیر تعریف نمائیم:

که در آن: $\Delta K = K_{ab} + K_i + K_f - K_{aa} - K_p$

K_{ab} - مقدار پتاسیم قابل استخراج با استات آمونیوم موجود در گلدان (۵ کیلوگرم خاک) قبل از کشت برنج (گرم)

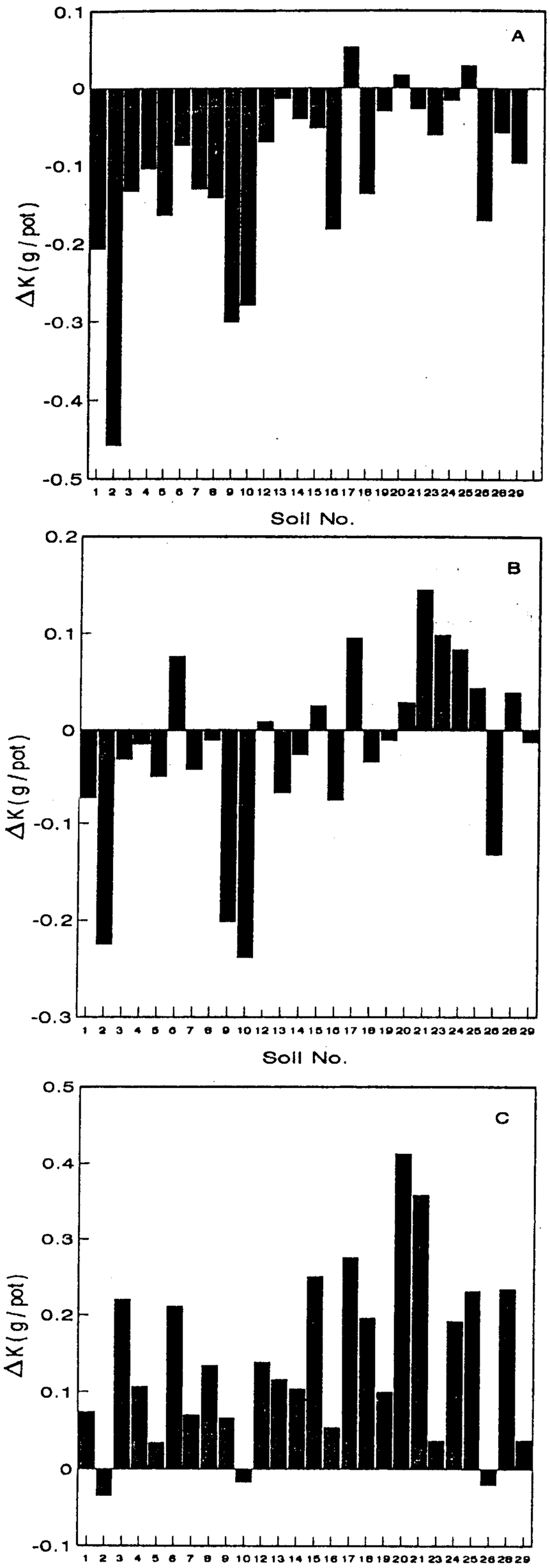
K_i - مقدار کل پتاسیم وارد شده به گلدان از طریق آبیاری در طول فصل کشت (گرم)

K_f - مقدار پتاسیم داده شده به گلدان بصورت کود (گرم)

K_{aa} - مقدار پتاسیم قابل استخراج با استات آمونیم موجود در گلدان بلافاصله بعد از برداشت برنج (گرم)

K_p - مقدار کل پتاسیم جذب شده توسط اندام هوایی برنج از خاک یک گلدان (گرم)

بر اساس تعریف فوق، ΔK کمیتی است که می تواند مثبت یا منفی باشد. در صورتیکه ΔK منفی باشد نشان دهنده آن است که پتاسیم جذب شده توسط اندام هوایی گیاه بیش از مجموع پتاسیم به سهولت قابل استفاده بوده و برنج در طول فصل رشد از پتاسیم غیر تبادلی استفاده نموده است. شکل ۴ مقدار ΔK را برای خاکهای مورد استفاده در سال دوم در سه وضعیت بدون کاربرد کود (A)، معادل ۱۵۰ کیلوگرم کود در هکتار (B) و معادل ۳۵۰ کیلوگرم کود در هکتار (C) نشان می‌دهد. همانطوریکه دیده می‌شود در وضعیت A (شاهد) که گلدانها کودی دریافت نداشته‌اند وابستگی گیاه به منبع غیر تبادلی برای تأمین پتاسیم مورد نیاز قابل ملاحظه می‌باشد. البته مقدار واقعی پتاسیم جذب شده از منبع غیر تبادلی برای هر خاک شامل مجموع مقدار زیر خط صفر در شکل ۴ و کل پتاسیم موجود در ریشه گیاه می باشد، بنابراین مقادیر واقعی پتاسیم جذب شده از شکلهای غیر تبادلی بیشتر از مقداری است که در شکل ۴ نشان داده شده است. شکلهای ۴ - B و ۴ - C نشان دهنده کاهش وابستگی گیاه به پتاسیم غیر تبادلی در اثر کود دادن می‌باشد. این بررسی نشان می‌دهد که در اکثر خاکها در طول فصل رشد، پتاسیم تبادلی خاک به حدی کاهش یافته است که امکان آزاد شدن پتاسیم از فرم غیر تبادلی فراهم گردد. هنگامیکه گیاه برای تأمین جزء قابل توجهی از پتاسیم مورد نیاز خود به شکلهای غیر تبادلی پتاسیم وابسّته گردد، می‌توان انتظار داشت که احتمال پاسخ گیاه به کوددهی - در صورتیکه سایر عوامل محدود کننده عملکرد وجود نداشته

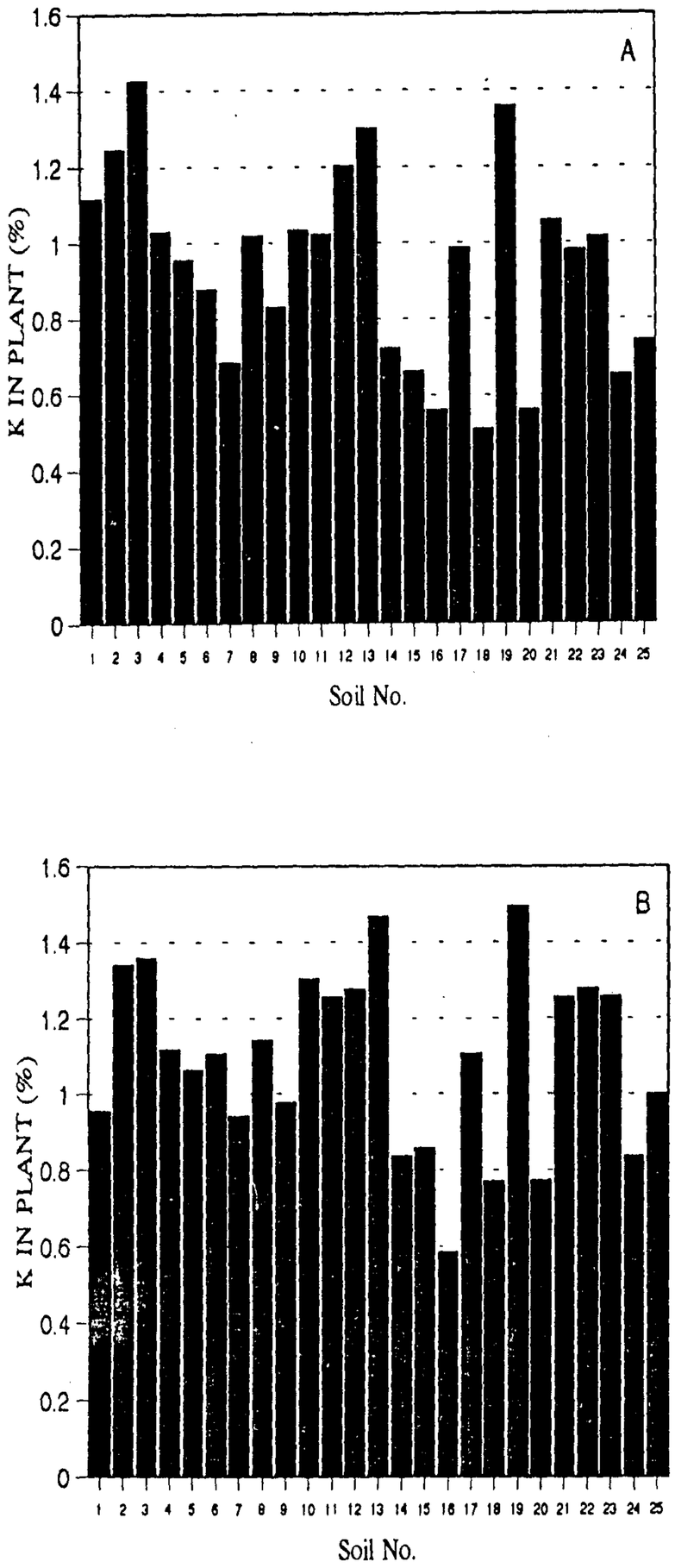


شکل ۴- جذب پتاسیم از جزء غیرتبادلی در خاکهای مختلف. در شکلهای A، B، C به ترتیب صفر، معادل ۱۵۰ و معادل ۳۵۰ کیلوگرم سولفات پتاسیم در هکتار به خاکها اضافه شده است.

باشند - زیاد گردد، زیرا در عالب خاکها سرعت آزاد شدن پتاسیم از شکلهای غیر تبادلی کم می‌باشد. از طرف دیگر در مراحل مختلف رشد گیاه تقاضا برای یک عنصر غذایی یکسان نیست و در مراحلی این نیاز به حداکثر می رسد، و در اینصورت بشرطی عملکردهای بالا تحقق می‌یابد که این نیاز حداکثر تأمین گردد. (۳۰). در چنین مراحلی بخصوص وابسته بودن گیاه به پتاسیم غیر تبادلی و سرعت کم آزاد شدن پتاسیم می تواند موجب پایین نگه داشتن سطح عملکرد گردد. بنظر می رسد چنین وضعیتی در شالیزارهایی که نمونه‌ها از آنها تهیه گردیده صادق باشد.

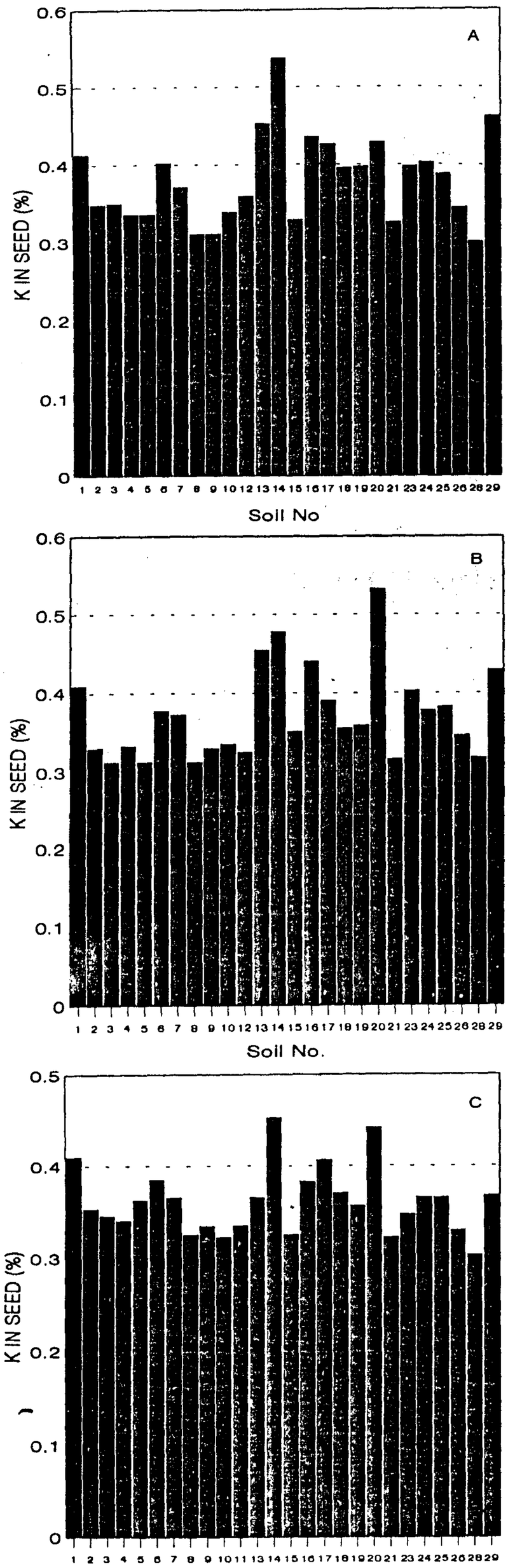
۶ – درصد پتاسیم در اندام هوایی گیاه: برخی از بررسیها نشان داده است که حد بحرانی پتاسیم در کاه برنج در هنگام رسیدن گیاه یک درصد می باشد (۷ و ۱۱). شکلهای ۵ و ۶ درصد پتاسیم در اندام هوایی گیاه غیر از شلتوک را نشان می‌دهد. همانطوریکه این شکلها نشان می‌دهد، بدون دادن کود در سالهای اول و دوم به ترتیب در ۷۳ و ۶۶ درصد خاکها، درصد پتاسیم در کاه ارقام مورد استفاده کمتر از یک درصد بوده است. لذا براساس حد بحرانی فوق، بایستی در اکثریت این خاکها پاسخ به کود پتاسیم مشاهده گردد. معنی‌دار شدن پاسخ گیاه به کود در هر دو سال آزمایش مؤید این پیش‌بینی است، هرچند این تائید به معنی تائید حد بحرانی یک درصد برای ارقام برنج کشور نیست و تعیین آن نیاز به بررسی جداگانه‌ای دارد. شکلهای ۵ - B, ۶ - B و ۶ - Cنشان دهنده افزایش درصد پتاسیم در اندام هوایی گیاه غیراز شلتوک در اثر کوددهی می‌باشد. اما همانطوریکه شکل ۷ نشان می‌دهد کوددهی باعث افزایش درصد پتاسیم در شلتوک نمی‌گردد و میانگین درصد پتاسیم تقریبا" ثابت و بین ۰/۳۸ تا ۰/۳۶ درصد می‌باشد. مانسون و نلسون (۳۰) به نقل از گیل و کمپرز در آزمایشات کودی انجام شده در اندونزی مشابه همین نتیجه را گزارش نموده‌اند.

۷ – نتیجه‌گیری: در این تحقیق سعی گردید تا حد امکان شرایط بررسی به شرایط شالیزاری نزدیک گردد. با این وجود شرایط گلخانه با شرایط مزرعه دارای تفاوتهایی است که ضرورت رعایت احتیاط در تعمیم نتایج بدست آمده به شرایط مزرعه را ایجاب می‌نماید. معهذا بنظر می‌رسد که این تفاوتها عملا" در حدی نباشد که نتوان نتیجه اصلی این بررسی یعنی تأثیر معنی‌دار کود پتاسیم بر عملکرد ارقام پر محصول برنج را به شرایط مزرعه یا شالیزارهایی که

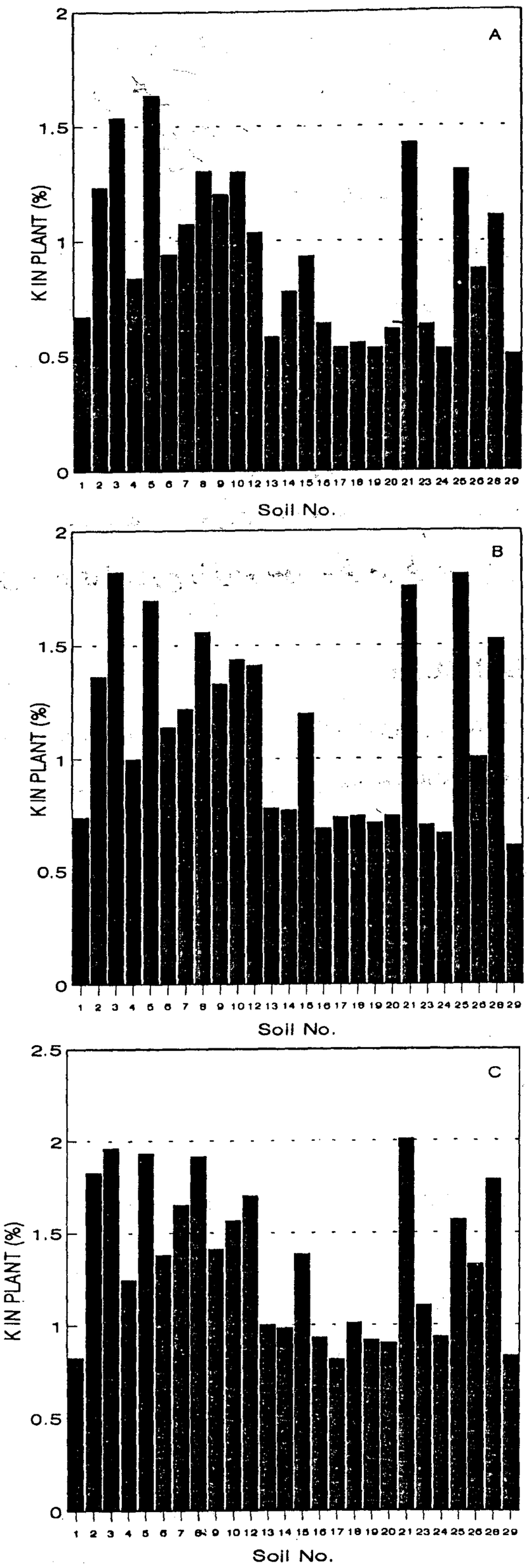


شکل۵- درصد پتاسیم در اجزاء هوایی گیاه غیر از شلتوک در کشت‌سال‌اول. در اشکال AوB به خاکهابه ترتیب صفر ومعادل ۱۱۲/۵ کیلوگرم کلرور پتاسیم در هکتار اضافه شده است.

نمونه‌ها ازآنها تهیه گردیده تعمیم داد، هرچند ممکن است درصد افزایش عملکرد در شرایط مزرعه بیشتر یا کمتر از حدود ۲۰ درصد افزایش مشاهده شده دراین بررسی باشد. شواهدی از قبیل وابستگی گیاه به پتاسیم غیر تبادلی در تیمارهای شاهد و درصد پایین پتاسیم در کاه هر دو رقم در اکثر خاکها، بطور غیر مستقیم مؤید این نتیجه می‌باشند. اگر نسبت افزایش عملکرد شلتوک به کود مصرف شده (سولفات پتاسیم) در سال دوم را محاسبه نمائیم برابر با ۷/۴ می‌گردد. این نسبت چنین بیان می‌دارد که بازاء هر یک کیلوگرم کود مصرفی



شکل ۷-درصدپتاسیم در شلتوک درکشت سال دوم. A - بدون دادن کود (شاهد)، B - معادل ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار سولفات پتاسیم، C - معادل ۳۵۰ کیلوگرم در هکتارسولفات پتاسیم.



شکل ۶- درصد پتاسیم در اندام هوایی گیاه غیر از شلتوک در کشت سال دوم. در شکلهای A، B، C به ترتیب صفر، معادل ۱۵۰ و معادل ۳۵۰ کیلوگرم سولفات پتاسیم در هکتار به خاکها اضافه شده است.

(در دامنه صفر تا معادل ۱۵۰ کیلوگرم)، ۷/۴ کیلوگرم شلتوک اضافی تولید می گردد. این نسبت مبین ارزش افزوده بسیار بالایی است که مصرف کود پتاسیم ایجاد می‌نماید. به بیان دیگر اگر فرض گردد در شرایط مزرعه میانگین افزایش عملکرد شلتوک در اثر مصرف کود پتاسیم در خاکهایی که زیر سطح بحرانی قرار دارند برابر ۷۰۰ کیلوگرم در هکتار یعنی معادل ۶۰ درصد مقدار مشاهده شده در این بررسی (۱۱۸۰ کیلوگرم شلتوک در هکتار بر اساس ۱۶۰۰۰۰ بوته در هکتار) باشد، و با توجه به اینکه از قریب به ۱۸۵۰۰۰ هکتار از شالیزارهای زیر کشت ارقام پرمحصول در شمال، حدود یکصدهزارهکتار زیر سطح بحرانی قرار دارند، افزایش تولیدی در حدود ۷۰۰۰۰ تن شلتوک (معادل ۴۵۰۰۰ تن برنج) به ارزش تقریبی ۲۷۰ میلیارد ریال در سال ایجاد می‌گردد. در مقابل هزینه کود مصرف شده حتی کمتر از ۲ درصد ارزش برنج تولیدی بوده و این هزینه حتی بسیار کمتر از ارزش کاه و کلش اضافی تولید شده خواهد بود.

نتایج این بررسی ضرورت اقدام عاجل در شروع یک بررسی گسترده درسطح مزرعه برای برآورد میزان اثر کود پتاسیم در افزایش عملکرد برنج و اتخاذ تصمیم در مصرف این کود در شالیزارها را مورد تأکید قرار می‌دهد.

سپاسگزاری

بدینوسیله از معاونت محترم پژوهشی دانشگاه تهران که هزینه اجرای این طرح را فراهم نمود تشکر می گردد.

مراجع مورد استفاده

REFERENCES

۱ - اوستان، ش. ۱۳۷۳. بررسی تخلیه پتاسیم از خاکهای شالیزاری شمال کشور. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تهران.

۲ - فلاح، و. و ر. امیری. ۱۳۷۰. بررسی اثر مقادیر مختلف کود پتاسه در افزایش محصول برنج (مازندارن). مؤسسه تحقیقات خاک و آب، نشریه فنی شماره ۸۲۱؛ ۳۳ - ۱.

۳ - گلستانی فرد، ع. ۱۳۷۵. بررسی تثبیت پتاسیم در خاکهای شالیزاری شمال ایران. پایان‌نامه کارشناسی ارشد دانشکده کشاورزی، دانشگاه تهران.

4 - Bhatti, A.,H. Rahman , & A.H. Gurmani. 1984. Comparative effect of potassium chloride and potassium sulphate fertilizers on the yield of paddy. Potash Review. Subj. 9. Cereal crops. 58th suite. No. 1:1-5.

5 - Cao, Z.H. 1983. Response of rice to potassium application and potassium status of paddy soils in southern China. (unpubl.mineo.) Institute of Soil Science .Nanjing ,Peoples Rep . of China . Cited by: De Date, S.K. & D.S. Mikkelsen .1985. Potassium nutrition of rice. P.665-699. In: R.D. Munson (ed) Potassium in agriculture. ASA, CSSA,SSSA Publ., Madison, Wis. USA.

6 - Cate, R. B. JC., and L. A. Nelson. 1971. A simple statistical procedure for partitioning soil test correlation data into two classes. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 33: 658-660.

7 - Chang, S.C. 1978. Evaluation of the fertility of rice soils. P. 521-541. In: Soil and Rice . International Rice Research Institute. Los Banos, Philippines.

8 - Chapman, H.D., & P.F. Pratt.1978. Methods of analysis for soils, plants, and waters . Division of Agric. Sci. Univer. of Calif., USA.

9 - De Data, S.K., & D.S. Mikkelson. 1985. Potassium nutrition of rice. P.665-699. In : R.D. Munson (ed) Potassium in agriculture.ASA, CSSA, SSSA Publ. Madison,Wis ., USA.

10 - De Datta, S.K., & K.A. Gomez .1975. Changes in soil fertility under intensive rice cropping with improved varieties .Soil Sci. 120:361-366.

11 - De Datta, S.K. 1981. Principles and practices of rice production. John Wiley & Sons, Inc.

12 - Jian-cheng, X., M. Mao-tong, D. Cheng-lin , & C. Ji-xing. 1980. On the potential of K-nutrition and the requirement of K-fertilizer in important paddy soils of China. Institute of Soil Science, Academia Sinca, Nanjing.

13 - Kemmler, G. 1970. Potash fertilization of rice in Japon. Fert. News .15(2) : 57-63.

14 - Kemmler, G. 1981. Potassium status of paddy soils in some countries of South and East Asia. p. 603-616. In: Proceedings of a symposium on paddy soil, Nanjing Science Press, Beijing and Springer - Verlag, Berlin.

15 - Knudsen, D., G.A. Peterson, & P. F. Pratt. 1982. Lithium, Sodium, and Potassium. In:A.L. Page (ed.) Methods of soil analysis, Part2. ASA-SSSA, Madison,Wis., USA.

16 - Lin, H. 1981. Study on the response of crop to potassium fertilizer in Fujian province . T'u Jang Fei Liao T'ung Hsin. 1981 : 25-27. Cited by De Data, S. K. and D. S. Mikkelsen. 1985. Potassium nutrition of rice P. 665-669. In: R. D. Munsen (ed) Potassium in agriculture. ASA, CSSA, SSSA Pub. Madison, Wis. USA.

17 - Mahapatra , I.C. & R. Prasad .1970. Response of rice to potassium in relation to its transformation and availability under waterlogged condition . Fert . News. 15(2): 34:41.

18 - Munson , R.D. & W.L. Nelson. 1990. Principle and practices in plant analysis. In: R.L. Westerman (ed) Soil testing and plant analysis . Third edition .Soil Sci.Soc. Am. Inc. Madison, Wis,. USA.

19 - Nelson, L. A. & R. L. Anderson. 1984. Partitioning of soil test crop response probability. In:M.Stelly (ed) Soil testing : Correlating and interpreting the analytical results. ASA Special Pub. No. 29. 677 south Segoe Road, Madison, Wis., USA.

20 - Nelson, R.E. 1982. Carbonate and Gypsum. In: A.L. Page(ed.) Methods of soil analysis, Part2. ASA - SSSA, Madison ,Wis. , USA.

21 - Oh, W.K. & Y.S. Kim .1964. Respose of paddy rice to potassic fertilizer in Korea .IRC Working party on Rice Soils , Water , and Fertilizer Practices working Pap.9.

22 - Patnaik , S. 1978. Natural sources of nutrients in rice soils .P. 501 - 520. In: Soil and Rice . International Rice Research Institute . Los Banos. Philippines.

23 - Siadat, H. et al. 1993. Status of K Contents in soils , K fertilizer use and recommendation in Iran. Regional symposium on K-availability of soils in West Asia and North Africa : Status and Prospectives. Soil and water Research. Inst. ,Tehran, Iran.

24 - Sparks, D.L. & P.M. Huang 1985. Physical chemistry of soil potassium. In: R. Munson (ed.) Potassium in agriculture. ASA-CSSA-SSSA .Madison , Wis .USA.

25 - U. S. Salinity Laboratory Staff. 1954. Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. USDA Handbook 60, Washington, D.C.

26 - Tabatabai, M.A. & J.J. Hanway. 1969. Potassium supplying power of Iowa soils at their" Minimal" level of exchangeable potassium. Soil Sci. Soc. Amer. Proc., 33: 105-109.

27 - Thenabadu, M. W. 1973. Response of rice to potassium fertilization in the wet zone of ceylon. Potash Review. Subj. 16 Potash fertilizer and manuring 65th Suite 8-9:1-8.

28 - Von Uexkull, H.R. 1970. Role of fertilizer in the Intensification of rice cultivation. P. 391-402. In: Role of fertilization in the intensification of agricultural production . Proc. 9th congr. Int. Potash Inst . Antibes.

29 - Von Uexkull , H.R. 1978. Potash and rice production in Asia . Potash Review .subj 9, cereal crops, 41th suite , No.8:1-6.

30 - Xie, J.C., M.T. Ma, C.L. Du, & J.X. Chen. 1982. Potassium status and potassium fertilizer requirement of soils in tropical and subtropical regions of China. P.113-126. In: E. Pushparajah and Shariffuddin H.A. Hamid(ed.) Phosphorus and potassium in the tropics .Malaysian society of Soil Science. Kuala Lumpur.

Iranian J. Agric. Sci. Vol. 29 No. 4 1999

Response of Rice to Potassium Application in Paddy Soils of North of Iran

H. TOWFIGHI

Assistant Professor, Soil Science Department, College of Agriculture, University of Tehran, Karaj, Iran.

Accepted 6 Jan. 1999

SUMMARY

A two- year greenhouse experiment was carried out to study the response of two high yielding varieties of rice i.e. Amol -3 and Khazar to potassium application in paddy soils of North of Iran. For this purpose 51 composite soil samples (25 in the first year , and 26 in the second year) were taken from 0-25 cm depth of 51 randomly selected fields all over the region . Some properties of the soils such as pH,EC,SP,CEC and exchangeable plus soluble K were measured .The amount of ammonium acetate extractable K of the soils were in the range of 41 to 280 $mgkg^{-1}$ with a mean of 133.4 . $mgkg^{-1}$.Further more, the level of this form of K in 94% of the soils was below 200 $mgkg^{-1}$, in 55% below 135 $mgkg^{-1}$, and in 29% below 100 $mgkg^{-1}$ indicating the relatively low levels of easily available K in these soils. The critical level of 135 mg kg^{-1} of NH4OAc extractable K was obtained for high yielding variety of Khazar by the Cate-Nelson graphical method. It was estimated that in about 100,000 hectars (55%) of Paddies presently under high yielding varieties, the level of NH4OAc extratable is below the critical level. The response of both varieties to potassium fertilizer was highly significant (0.1% level) .The treatment rate of 112.5 kg/ha of potassium chloride increased the yield of aboveground dry matter by 22% and that of rough rice by 22.7% in Amol-3. In Khazar variety , the increase in yield of the same plant portions were 16.2 and 17.7% respectively for the treatment rate of 150 kg/ha of potassium sulphate, and 22.6% and 20.12% for the rate of 350 kg/ha of the same fertilizer. However , the grain yield due to the higher rate was not significantly (5% level) different from the lower K rate .The data indicate that the contribution of the non-exchangeable form of K to the total K uptake in the majority of the untreated soils is significant, suggesting the reliance of plant on the slowly available form of K in these soils. The results also revealed that in almost 70 percent of the soils, the K percentages in the straw of both varieties are less than the reported 1% critical level for rice.

Keywords: Potassium in paddy soils, Rice response to potassium, Critical level